

基于 3D 打印的锁骨中段移位骨折微创手术与传统切开复位内固定术的病例对照研究

尤炯鸣, 吴银生, 王勇

(浙江中医药大学附属温州市中西医结合医院骨科, 浙江 温州 325000)

【摘要】 目的: 比较基于 3D 打印技术的锁骨中段移位骨折微创手术与传统切开复位内固定术的临床疗效。方法: 回顾性分析 2016 年 7 月至 2016 年 12 月采用 3D 打印微创手术与常规手术治疗的 40 例锁骨中段移位骨折患者的临床资料。根据手术切口不同以及是否采用 3D 打印技术将 40 例患者分为 3D 打印微创手术组和常规手术组。3D 打印微创手术组(A 组)20 例, 男 11 例, 女 9 例; 年龄 19~57 (37.2±9.3) 岁; 骨折 Robinson 分型, 2A2 型 4 例, 2B1 型 9 例, 2B2 型 7 例。常规手术组(B 组)20 例, 男 13 例, 女 7 例; 年龄 17~54 (35.1±9.5) 岁; 骨折 Robinson 分型, 2A2 型 5 例, 2B1 型 8 例, 2B2 型 7 例。观察并记录两组患者手术时间、出血量、切口长度、骨折愈合时间、并发症情况, 并于术后 12 个月采用 DASH 评分及 Constant 评分对肩关节功能进行评价。结果: 40 例患者获得随访, 时间 12~18 (15.1±2.0) 个月。所有患者达到骨性愈合, A 组愈合时间 12~18 (14.3±1.7) 个月, B 组 11~18 (14.4±1.9) 个月, 两组比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。两组患者术中出血量比较差异无统计学意义 ($P>0.05$); A 组手术时间、切口长度明显小于 B 组 ($P<0.05$)。术后 12 个月随访时两组患者肩关节 DASH 评分及 Constant 评分比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。A 组出现并发症 1 例, B 组出现并发症 6 例, 两组比较差异有统计学意义 ($P<0.05$)。结论: 基于 3D 打印的锁骨中段移位骨折微创治疗可以有效解决微创手术中的一些难点, 达到与传统切开复位内固定相似的骨折愈合及功能恢复, 同时切口更美观, 手术时间更短, 手术相关并发症更少。

【关键词】 打印, 三维; 锁骨; 骨折; 骨折固定术, 内

中图分类号: R683.41

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2019.01.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Case-control study on minimally invasive surgery and conventional open plating for displaced midshaft clavicular fracture based on 3D-print YOU Jiong-ming, WU Yin-sheng, and WANG Yong. Department of Orthopaedics, Wenzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Affiliated to Zhejiang Chinese Medical University, Wenzhou 325000, Zhejiang, China

ABSTRACT Objective: To compare clinical effect of minimally invasive surgery and conventional open plating for acute displaced midshaft clavicle fracture based on 3D-print. **Methods:** From July 2016 and December 2016, 40 patients with acute displaced midshaft clavicle fractures were retrospectively analyzed. The patients were divided into 3D minimally invasive surgery group (group A) and conventional open plating group (group B) according to different surgical incisions and whether to use 3D printing. In group A, including 11 males and 9 female, aged from 19 to 57 years old with an average of (37.2±9.3) years old; type 2A2 were 4 patients, type 2B1 were 9 patients and type 2B2 were 7 patients according to Robinson classification. In group B, including 13 males and 7 female, aged from 17 to 54 years old with an average of (35.1±9.5) years old; type 2A2 were 5 patients, type 2B1 were 8 patients and type 2B2 were 7 patients according to Robinson classification. Operative time, blood loss, length of incision, fracture healing time, complications were observed and compared between two groups, DASH score and Constant score of shoulder joint were evaluated at 12 months after operation. **Results:** Forty patients were followed up from 12 to 18 months with an average of (15.1±2.0) months. All fractures were healed, healing time in group A ranged from 12 to 18 months with an average of (14.3±1.7) months, in group B ranged from 11 to 18 months with an average of (14.4±1.9) months, while there was no statistical differences between two groups ($P>0.05$). No differences in blood loss between two groups ($P>0.05$). Operative time, length of incision in group A was less than that of group B ($P<0.05$). There were no significant differences in DASH score and Constant score at 12 months between two groups ($P>0.05$). One patient in group A occurred complication, and 6 patients in group B occurred complications, and has statistical differences between two groups ($P<0.05$). **Conclusion:** Minimally invasive technique based on 3D-print could resolve some difficulties of minimally invasive

通讯作者: 王勇 E-mail: wy118@163.com

Corresponding author: WANG Yong E-mail: wy118@163.com

surgery effectively and achieve fracture healing and functional recovery similar to traditional open reduction with more beautiful incision, less complication, shorter operation time.

KEYWORDS Printing, three-dimensional; Clavicle; Fractures; Fracture fixation, internal

锁骨骨折占肩部骨折的 44%, 其中 69%~81% 为锁骨中段骨折^[1]。对于锁骨中段移位骨折, 保守治疗可能发生如复位丢失、短缩、畸形愈合、疼痛、骨折不愈合等相关并发症, 所以手术治疗目前越来越多受到学者的推崇^[2-4]。随着骨折微创治疗理念的不断发展, 使用微创技术治疗锁骨骨折已得到成功应用^[5-7]。该技术具有创伤小、骨膜剥离少、手术相关并发症发生率低等特点, 但是存在术中钢板塑形不便、手术操作难度大、学习曲线长等问题, 仍有待解决。3D 打印技术能够直观地反映骨折的三维立体结构, 特别对于使用微创技术的骨折手术, 通过 3D 打印, 术前可以对骨折复位、钢板塑形、螺钉固定等进行体外模拟, 可有效缩短手术时间、减少手术操作难度、缩短学习曲线等^[8]。因此, 本研究旨在通过对比基于 3D 打印技术的锁骨中段移位骨折微创手术与传统切开复位内固定术的术中及术后情况, 阐明基于 3D 打印技术微创治疗锁骨中段移位骨折的优势。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: 锁骨中段移位性骨折, 按 Robinson^[9]分型为 2A2 型、2B1 型、2B2 型; 闭合新鲜骨折; 不伴有神经及血管损伤; 符合医学伦理学要求并签订知情同意书。排除标准: 陈旧性或病理性骨折; 伴有胸锁关节、肩锁关节脱位, 肩胛骨骨折; 伴有其他部分影响肩关节评判的损伤; 未获得随访的患者。

1.2 临床资料

回顾性分析 2016 年 7 月至 2016 年 12 月采用 3D 打印微创手术与常规手术治疗锁骨中段移位骨折共 40 例, 根据手术切口不同以及是否使用 3D 打印, 分为 3D 打印微创手术组与常规手术组。其中 3D 打印微创手术组 (A 组) 20 例, 男 11 例, 女 9 例; 年龄 19~57 (37.2±9.3) 岁; 骨折 Robinson^[9]分型, 2A2 型 4 例, 2B1 型 9 例, 2B2 型 7 例。常规手术组 (B 组) 20 例, 男 13 例, 女 7 例; 年龄 17~54 (35.1±9.5) 岁; 骨折 Robinson 分型, 2A2 型 5 例, 2B1 型 8 例, 2B2 型 7 例。两组患者术前一般资料比较差异无统计学意义, 具有可比性 ($P>0.05$)。见表 1。

1.3 治疗方法

1.3.1 3D 打印微创手术组 通过 CT 扫描获得锁骨骨折的原始数据, 并将其导入 Mimics 软件, 进行三维重建。将数据导入 Geomagic 软件中对锁骨骨折进行模拟复位, 最后通过 Chaos 等软件制作打印文件。通过激光打印机 (Medvance 4.1) 打印锁骨骨折

表 1 两组锁骨中段移位性骨折患者术前一般资料比较
Tab.1 Comparison of preoperative clinical data between two groups with displaced midshaft clavicular fracture

组别	性别 (例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	Robinson 分型 (例)		
	男	女		2A2 型	2B1 型	2B2 型
A 组	11	9	37.2±9.3	4	9	7
B 组	13	7	35.1±9.5	5	8	7
检验值	$\chi^2=0.417$		$t=0.706$	$\chi^2=0.170$		
P 值	0.519		0.484	0.918		

注: A 组为 3D 打印微创手术组, B 组为常规手术组。下同
Note: Group A stands for 3D minimally invasive surgery, Group B stand for conventional open plating. the same below

复位后模型, 术前采用锁骨复位 3D 模型进行钢板螺钉选择、钢板预塑形及模拟手术操作。

全身麻醉或颈丛麻醉成功后, 取仰卧位, 患肩垫高, 常规消毒铺巾后, 分别于锁骨上方远近末端向中心做 2 个 2 cm 的横形切口, 皮下组织钝性分离, 沿锁骨表面剥离形成皮下隧道。透视下定位骨折端后尽量闭合巾钳复位骨折, 必要时于骨折端做横行小切口有限切开辅助复位骨折, 分离时注意保护锁骨下神经。选用克氏针、普通螺钉或钢丝维持骨折复位。选用预塑形锁定钢板, 从锁骨上方一端插入切口内, 另一端露出, 按术前选择的情况固定远近端逐步拧入合适长度的螺钉。C 形臂 X 线透视骨折对位良好及内固定满意后, 冲洗, 逐层缝合。术后常规静脉滴注抗生素 24~48 h, 术后 3 d 内行 X 线检查, 3 d 后进行被动肩关节功能锻炼。

1.3.2 常规手术组 全身麻醉或颈丛麻醉后, 取仰卧位, 患肩垫高, 常规消毒铺巾后, 肩部于锁骨上方做横形切口, 切开皮肤及皮下组织, 仔细分离, 注意保护锁骨下神经。暴露骨折端, 清理骨折端淤血, 剥离骨折端骨膜。复位骨折端, 根据骨折块大小, 选用克氏针、螺钉或钢丝维持骨折端复位。选用合适长度锁定钢板置于锁骨上方, 依次测深, 骨折远近端分别拧入合适长度的螺钉。透视骨折复位良好内固定满意后, 冲洗、逐层缝合。术后常规静脉滴注抗生素 24~48 h, 术后 3 d 内天行 X 线检查, 3 d 后进行被动肩关节功能锻炼。

1.4 观察项目与方法

(1) 术中一般情况观察: 手术时间, 出血量, 切口长度。(2) 术后观察项目: 骨折骨性愈合时间, 愈合率, 并发症情况 (创口疼痛、创口周围麻木、感染等)。

(3) 术后满意度的调查及肩关节功能评分(DASH 评分^[10]及 Constant 评分^[11])。DASH 调查表 A 部分用于了解患者上肢功能活动情况, B 部分调查上肢不适症状, C 部分用于调查运动员和音乐家上肢功能, 对大部分患者仅用 DASH 调查表 A、B 两部分即可。DASH 值计算方法是将 A、B 两部分所有的数字相加, 然后按以下公式计算: DASH 值=[A、B 两部分值总和-30(最低值)]/1.20。DASH 值为 0 时, 表示上肢功能完全正常, DASH 值为 100 时表示上肢功能极度受限。Constant 肩关节功能评分满分为 100, 分别由疼痛(15 分)、肌力(25 分)、功能活动(20 分)及肩关节活动度(40 分)组成, 90~100 分为优, 80~89 分为良, 70~79 分为可, <70 分为差。分值越高表明肩关节功能越好。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。两组患者的年龄、随访时间、手术时间、出血量、切口长度、骨折骨性愈合时间、DASH 评分以及 Constant 评分等定量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用两独立样本 *t* 检验。两组患者性别、骨折分型及并发症等计数资料采用卡方检验或 Fisher 精确检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况比较

40 例患者均获得随访, 时间 12~18(15.1±20)个月。所有患者达到骨性愈合, A 组愈合时间 12~18(14.3±1.7)个月, B 组 11~18(14.4±1.9)个月; 两组患者骨折愈合时间比较差异无统计学意义 (*P*>0.05)。

两组患者术中出血量比较差异无统计学意义 (*P*>0.05), A 组手术时间、切口长度小于 B 组 (*P*<0.05)。A 组出现并发症 1 例, B 组并发症 6 例, 差异有统计学意义 (*P*<0.05)。结果见表 2。

2.2 术后肩关节功能比较

两组患者术后 12 个月肩关节功能 DASH 评分及 Constant 评分比较差异无统计学意义 (*P*>0.05)。根据 Constant 评分, A 组优 17 例, 良 3 例; B 组优 16 例, 良 4 例; 两组比较差异无统计学意义 (*P*>0.05)。见表 3。典型病例见图 1-2。

3 讨论

3.1 采用常规切开复位内固定的优缺点

锁骨中段骨折的治疗方法包括保守治疗及手术治疗, 保守治疗方法主要为悬吊及“8”字绷带固定等, 而手术方法主要有传统切开复位内固定及闭合或小切口切开复位内固定等微创手段。对于锁骨中段无移位的骨折, 保守治疗可达到满意的疗效。但是, 对于骨折端移位的锁骨中段骨折, 保守治疗却存在较高的骨折畸形愈合和不愈合率。因此, 切开复位钢板内固定术得到越来越多学者的推崇^[2-4]。其主要的优点包括: (1)骨折可获得解剖复位及坚强固定, 畸形愈合及不愈合率低。(2)避免因骨折断端移位或畸形愈合使肩部皮肤隆起导致外观畸形。(3)坚强固定可以使患者早期进行肩关节功能锻炼, 利于关节功能的恢复。本研究中 B 组采用了切开复位钢板内固定术, 骨折均获得骨性愈合。同时术后 3 d 即可开始肩关节功能锻炼, 在术后 12 个月随访时肩关节功能恢复均达到优良水平。

表 2 两组锁骨中段移位性骨折患者一般情况及并发症比较

Tab.2 Comparison of general data and complications between two groups with displaced midshaft clavicular fracture

组别	例数	手术时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	出血量 ($\bar{x} \pm s$, ml)	切口长度 ($\bar{x} \pm s$, cm)	骨折愈合时间 ($\bar{x} \pm s$, 月)	并发症(例)	
						有	无
A 组	20	36.7±6.2	88.5±22.3	6.0±1.1	14.3±1.7	1	19
B 组	20	42.4±7.2	89.5±23.5	9.3±1.6	14.4±1.9	6	14
检验值	-	<i>t</i> =-2.685	<i>t</i> =-0.138	<i>t</i> =-7.618	<i>t</i> =-0.172	$\chi^2=4.329$	
<i>P</i> 值	-	0.890	0.890	0.000	0.865	0.037	

表 3 两组锁骨中段移位骨折患者术后 Constant 评分和 DASH 评分比较($\bar{x} \pm s$, 分)

Tab.3 Comparison of Constant and DASH scores between two groups with displaced midshaft clavicular fracture($\bar{x} \pm s$, score)

组别	例数	Constant 评分					DASH 评分
		疼痛	肌力	功能活动	肩关节活动度	总分	
A 组	20	14.0±2.1	23.9±1.0	19.2±1.2	38.2±1.8	95.3±3.1	4.0±1.4
B 组	20	13.5±2.4	23.85±1.3	19.1±1.5	37.6±2.2	94.1±4.1	4.2±1.3
<i>t</i> 值	-	0.171	0.132	0.231	0.963	1.084	-0.573
<i>P</i> 值	-	0.478	0.896	0.818	0.355	0.285	0.57

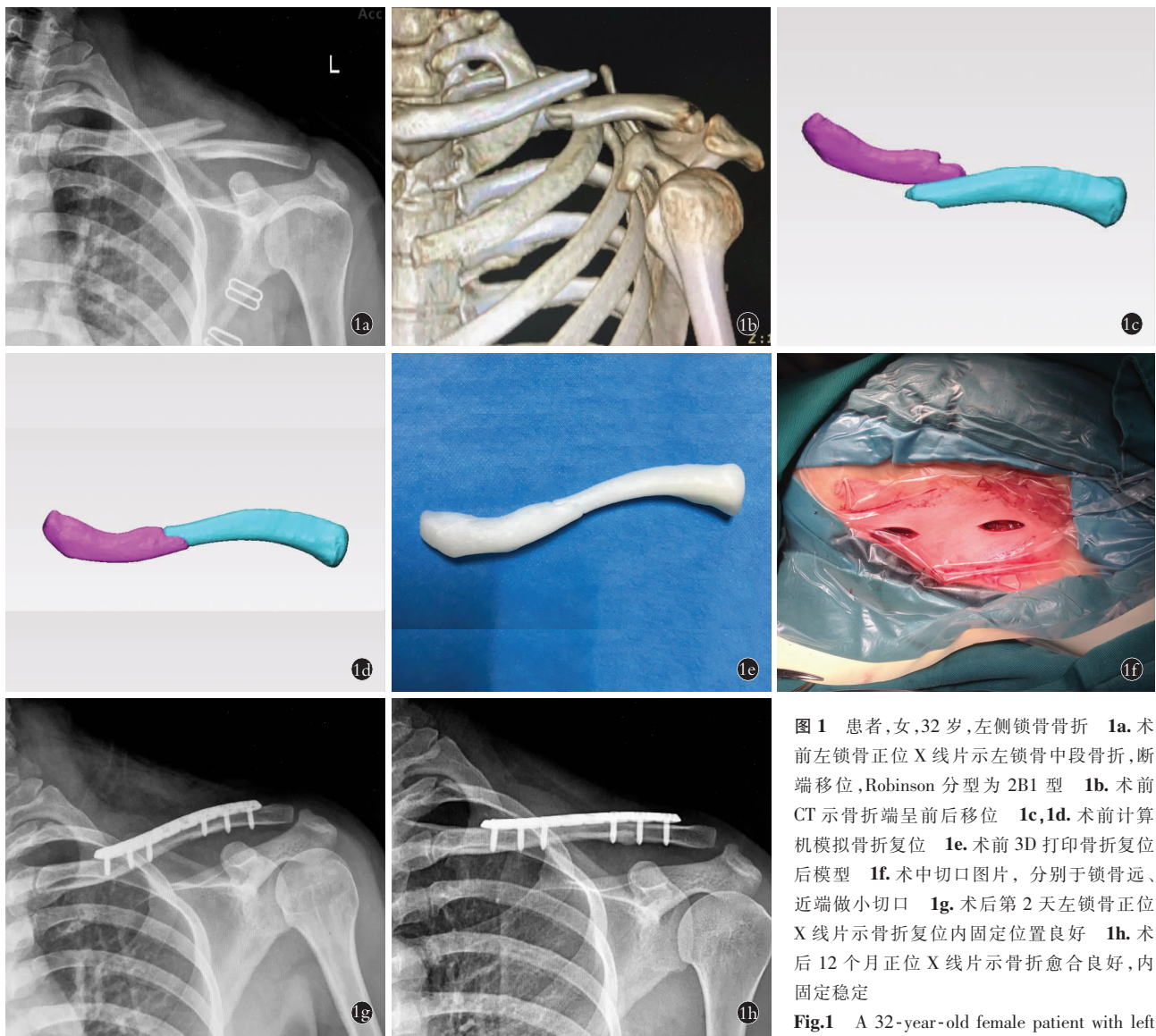


图 1 患者,女,32 岁,左侧锁骨骨折 **1a**. 术前左锁骨正位 X 线片示左锁骨中段骨折,断端移位,Robinson 分型为 2B1 型 **1b**. 术前 CT 示骨折端呈前后移位 **1c,1d**. 术前计算机模拟骨折复位 **1c,1d**. 术前 3D 打印骨折复位后模型 **1e**. 术前 3D 打印骨折复位后模型 **1e**. 术前 3D 打印骨折复位后模型 **1e**. 术前 3D 打印骨折复位后模型 **1e**. 术中切口图片, 分别于锁骨远、近端做小切口 **1f**. 术后第 2 天左锁骨正位 X 线片示骨折复位内固定位置良好 **1g**. 术后 12 个月正位 X 线片示骨折愈合良好,内固定稳定 **1h**.

left clavicular showed displaced midshaft clavicle fractures with type 2B1 according to Robinson classification **1b**. Preoperative CT showed fracture shifted forward and backward **1c,1d**. Fracture reduction was simulated by computer before operation **1c,1d**. Fracture reduction was simulated by computer before operation **1c,1d**. Fracture reduction was simulated by computer before operation **1c,1d**. Fracture reduction was simulated by computer before operation **1c,1d**. Small incisions were made at the distal and proximal of clavicle **1f**. Postoperative AP X-ray of left clavicle at 2 days showed good reduction and fixation **1g**. Postoperative AP X-ray of left clavicle at 12 months showed fracture healing and stable internal fixation **1h**.

虽然手术治疗锁骨中段移位骨折比保守治疗更具优势,但是因手术所产生的并发症却难以避免,如创口感染、疼痛、创口周围麻木、瘢痕美观、内固定失败等^[12-13]。特别是术后创口周围及前胸壁皮肤麻木的问题近来倍受关注,其主要原因多为常规开放切口对锁骨上神经的医源性损伤引起^[14]。本研究 B 组采用常规锁骨上横行切口切开复位钢板固定,虽然术中注意无菌操作及锁骨上神经保护,但是术后仍有 6 例患者发生了并发症,包括 1 例创口感染及 5 例创口周围及前胸部皮肤麻木。

3.2 微创手术治疗的的优势及局限性

针对常规切开复位内固定的弊端,采用微创治

疗锁骨中段移位骨折被不断报道,包括使用钢板、克氏针、空心螺钉、髓内针等,其中经皮微创锁定钢板治疗锁骨中段移位骨折是目前采用最多、最有效的方法^[5-7]。该技术的主要优势包括:(1)软组织创伤更小,骨膜剥离少,骨折愈合率高^[5]。(2)有效地保护锁骨上神经,减少医源性损伤及术后皮肤麻木的发生率^[15]。(3)术后创口瘢痕更美观^[6-7]。本研究比较经皮微创锁定钢板内固定术与传统切开复位内固定术,发现手术创口更小更美观,创口并发症更少,同时术后出现创口及前胸部皮肤麻木发生率更低。而在骨折愈合时间及肩关节功能恢复上两者无明显差异。

微创锁定钢板治疗锁骨骨折具有诸多优势,但

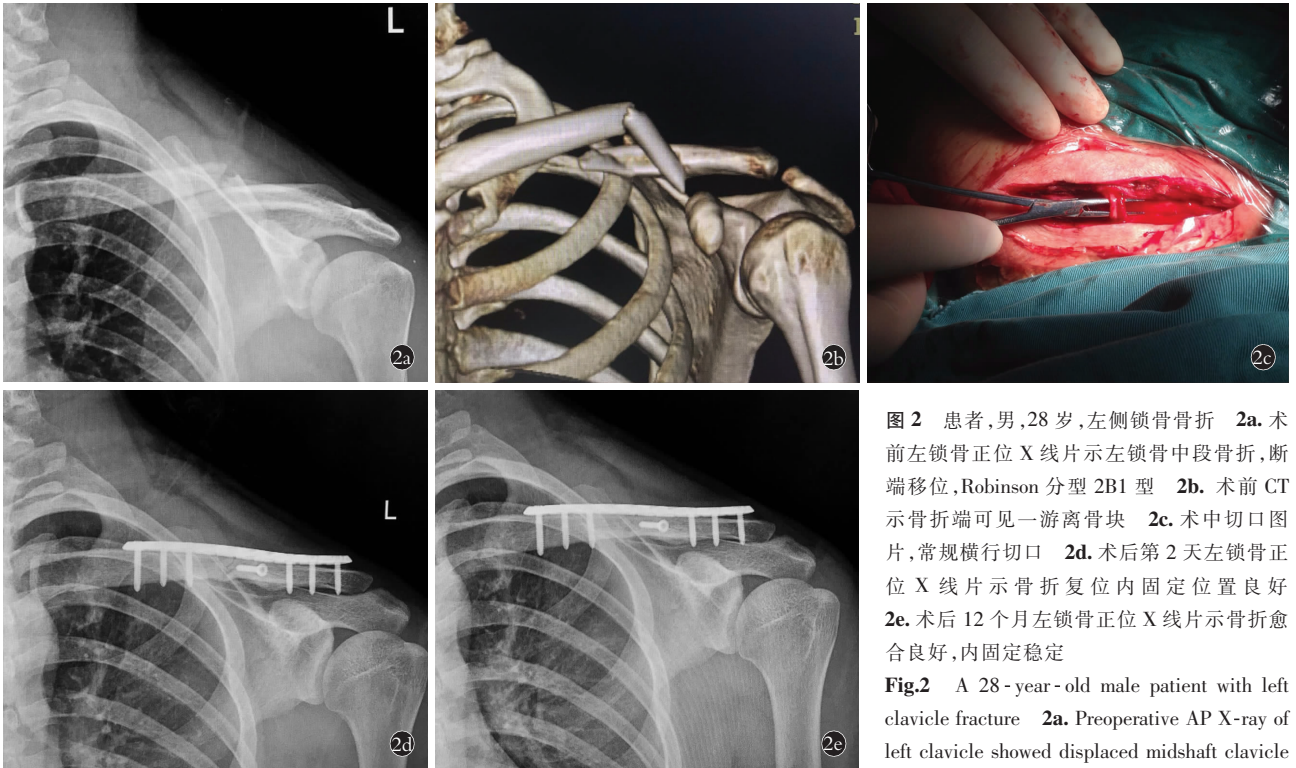


图 2 患者,男,28 岁,左侧锁骨骨折 2a. 术前左锁骨正位 X 线片示左锁骨中段骨折,断端移位,Robinson 分型 2B1 型 2b. 术前 CT 示骨折端可见一游离骨块 2c. 术中切口图片,常规横行切口 2d. 术后第 2 天左锁骨正位 X 线片示骨折复位内固定位置良好 2e. 术后 12 个月左锁骨正位 X 线片示骨折愈合良好,内固定稳定

Fig.2 A 28-year-old male patient with left clavicle fracture 2a. Preoperative AP X-ray of left clavicle showed displaced midshaft clavicle fracture with type 2B1 according to Robinson

classification 2b. Preoperative CT showed one free fragment could be seen at the end of fracture 2c. Incision images in operation showed conventional transverse incision was performed 2d. Postoperative AP X-ray at 2 days showed good reduction and fixation 2e. Postoperative AP X-ray at 12 months showed fracture healing and internal fixation stable

是也存在一定的局限性:(1) 因其创口暴露范围有限,对于严重粉碎及多段的锁骨中段骨折并不适用。(2) 术中钢板经皮下插入,往往需多次塑形。(3) 该技术相较传统方法,操作难度大,学习曲线长,手术时间长。这些特性限制了其在临床治疗中的广泛应用。

3.3 3D 打印微创手术的优势及相关问题

3D 打印技术,作为一种新型的快速成型及快速制造技术,与骨科临床治疗的结合越来越紧密。对于创伤骨科医师而言,3D 打印技术可以将患者骨折部位的三维立体模型打印出来,利用模型更详细地规划手术方案,并在模型上进行操作、演练,从而缩短了手术时间,减少学习时间,提高手术的成功率^[16]。已有学者通过 3D 打印对侧锁骨的镜像模型进行锁骨微创手术前的钢板螺钉选择、钢板预塑形等模拟操作,从而解决锁骨微创手术中的难点,并取得了良好效果^[17]。笔者将该方法进行了改良,通过计算机直接模拟骨折复位,采用 3D 打印复位后模型,并在其上进行钢板螺钉选择、预塑形等操作,可以避免打印 3D 镜像模型所需要的额外费用及缩短术前准备时间。对比采用 3D 打印微创技术与传统方法治疗,微创技术在 3D 打印模型上进行螺钉预选择以及钢板预塑形,有效缩短了手术时间,降低了手术操作难度。

但是,结合 3D 打印的方法仅解决了微创手术

中的个别难点,对于创口暴露有限,复位困难等难题仍有待进一步研究。此外,3D 打印本身也存在其他一些相关问题:(1) 3D 打印需要相关的材料、软件及打印器材费用偏高。(2) 即使使用较为先进的激光打印机,其打印所需时间过长,导致术前准备时间延长。(3) 3D 打印需要培训专门的人员掌握相关软件处理及打印方法。不过,随着科技的不断发展,相信这些问题会在不久的将来逐步得到解决。

总之,通过对比结合 3D 打印的锁骨中段移位骨折微创治疗与传统切开复位内固定手术,笔者发现 3D 微创方法可以有效解决锁骨中段移位骨折微创手术中的一些难点,达到与传统切开复位内固定相似的骨折愈合及功能恢复,减少手术时间,同时术后创口更美观,并发症更少。由于本次研究为回顾性研究,且病例数有限,未来仍有待进一步的大样本、多中心的前瞻性对照研究进一步验证。

参考文献

[1] Jeray KJ. Acute midshaft clavicular fracture[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2007, 15(4): 239-248.
 [2] Woltz S, Krijnen P, Schipper IB. Plate fixation versus nonoperative treatment for displaced midshaft clavicular fractures; a Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Bone Joint Surg Am, 2017, 99(12): 1051-1057.
 [3] Woltz S, Stegeman SA, Krijnen P, et al. Plate fixation compared with

- nonoperative treatment for displaced midshaft clavicular fractures: a multicenter randomized controlled trial[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(2): 106-112.
- [4] 唐佩福. 锁骨骨折治疗方法的选择与思考[J]. *中国骨伤*, 2015, 28(2): 97-100.
TANG PF. Choice and thinking of treatment of clavicle fractures [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2015, 28(2): 97-100. Chinese.
- [5] Sohn HS, Kim WJ, Shon MS. Comparison between open plating versus minimally invasive plate osteosynthesis for acute displaced clavicular shaft fractures[J]. *Injury*, 2015, 46(8): 1577-1584.
- [6] Zhang Y, Xu J, Zhang C, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis for midshaft clavicular fractures using superior anatomic plating[J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(1): e7-e12.
- [7] Zhang T, Chen W, Sun J, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis technique for displaced midshaft clavicular fracture using the clavicle retractor[J]. *Int Orthop*, 2017, 41(8): 1679-1683.
- [8] Chae MP, Rozen WM, McMenamin PG, et al. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery[J]. *Front Surg*, 2015, 2: 25.
- [9] Robinson CM. Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification[J]. *J Bone Joint Surg*, 1998, 80(3): 476-484.
- [10] Germann G, Wind G, Harth A. The DASH (Disability of Arm-Shoulder-Hand) Questionnaire-a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome[J]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 1999, 31(3): 149-152.
- [11] Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1987, 214(214): 160.
- [12] 徐红伟, 何晓君, 张中伟, 等. 锁骨内固定术后再骨折二次手术的临床观察[J]. *中国骨伤*, 2017, 30(10): 940-945.
XU HW, HE XJ, ZHANG ZW, et al. Clinical observation of the second operation for refracture after internal fixation of clavicle [J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2017, 30(10): 940-945. Chinese with abstract in English.
- [13] Asadollahi S, Hau RC, Page RS, et al. Complications associated with operative fixation of acute midshaft clavicle fractures[J]. *Injury*, 2016, 47(6): 1248-1252.
- [14] Christensen TJ, Horwitz DS, Kubiak EN. Natural history of anterior chest wall numbness after plating of clavicle fractures: educating patients[J]. *J Orthop Trauma*, 2014, 28(11): 642-647.
- [15] Beirer M, Postl L, Crönlein M, et al. Does a minimal invasive approach reduce anterior chest wall numbness and postoperative pain in plate fixation of clavicle fractures[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2015, 16(1): 128.
- [16] Chae MP, Rozen WM, McMenamin PG, et al. Emerging applications of bedside 3D printing in plastic surgery[J]. *Front Surg*, 2015, 2: 25.
- [17] Jeong HS, Park KJ, Kil KM, et al. Minimally invasive plate osteosynthesis using 3D printing for shaft fractures of clavicles: technical note[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2014, 134(11): 1551-1555.

(收稿日期: 2018-05-01 本文编辑: 李宜)